

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-313852

(43)Date of publication of application : 29.11.1996

(51)Int.Cl.

G02F 1/01

G02F 1/35

(21)Application number : 08-039246

(71)Applicant : AT & T IPM CORP

(22)Date of filing : 27.02.1996

(72)Inventor : KOROTKY STEVEN K

(30)Priority

Priority number : 95 396822

Priority date : 02.03.1995

Priority country : US

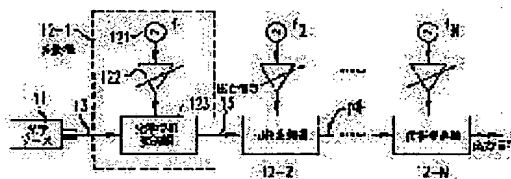
(54) MULTIPLE ELECTROMAGNETIC RADIATION OUTPUT SIGNAL GENERATOR AND METHOD THEREFOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To expand a spectrum over a wide range by using phase modulation, by selecting respective amplitudes of a laser output signal so as to generate an output spectrum having an almost equal spectral component over a prescribed frequency range.

SOLUTION: An optical source 11 optically coupled with N pieces of modulators 12 connected in series to each other is provided. The modulator 12-1 is composed of a tone generator 121, an adjustable amplifier 122 and an optical phase modulator 123, and the generator 121 transmits a signal having a specific amplitude in a prescribed frequency (f). The amplifier 122 is controlled so as to amplify or attenuate an amplitude of the signal from the generator 121, and as a result, this signal has a desired amplitude for a driving signal of the modulator 12-1. A plural frequency driving signal having frequencies whose amplitudes are controlled in this way are properly separated from each other, is imparted to the optical phase modulators 12, and this phase modulation

generates an output signal having a power level of the almost same degree and a frequency interval between components not less than a band width of an SBS interaction.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

THIS PAGE BLANK (USPTO)

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-313852

(43) 公開日 平成8年(1996)11月29日

(51) IntCl.⁸

G 0 2 F 1/01
1/35

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 F 1/01
1/35

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号 特願平8-39246

(22) 出願日 平成8年(1996)2月27日

(31) 優先権主張番号 3 9 6 8 2 2

(32) 優先日 1995年3月2日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(71) 出願人 595119464

エイ・ティ・アンド・ティ・アイピーエム・コーポレーション

アメリカ合衆国, 33134 フロリダ, コーラル ゲーブルズ, ボンス ド レオン
ブウルヴァード 2333

(72) 発明者 スティーヴン ケネス コロッキー

アメリカ合衆国, ニュージャージー, オーシャン, トムズ リヴァー, シェイラ ド
ライブ 1036

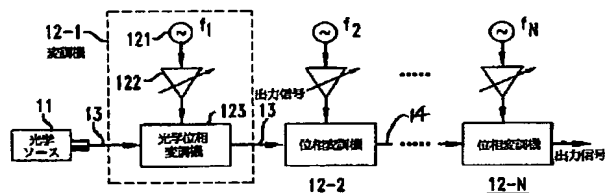
(74) 代理人 弁理士 三俣 弘文

(54) 【発明の名称】 多重電磁放射出力信号生成装置とその方法

(57) 【要約】

【課題】 位相変調 (PM) を用いてスペクトルを拡張する技術を提供する。

【解決手段】 本発明の光学装置では、レーザ出力信号の位相は、1つあるいは複数の変調信号により外部から変調される。レーザ出力信号の各振幅は所定の周波数範囲に亘ってほぼ等しいスペクトル成分を有するような出力スペクトルを生成するよう選択される。この所定の周波数範囲は、レーザのソース周波数を中心として周波数のくし歯状になる。各周波数の駆動信号は、他の駆動信号から離れた周波数を有するよう選択され、変調信号の出力スペクトル内の隣接するスペクトル成分は、特定の伝送波長における S B S 相互作用バンド幅を越えるような周波数間隔を有するよう生成される。



1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 (A) 少なくとも第1周波数の駆動信号を生成する手段(121、221、321)と、

(B) 供給された電磁放射信号と、前記少なくとも第1周波数駆動信号にตอบสนองして、多重波長電磁放射出力信号を生成する位相変調機(123)と、からなる多重電磁放射出力信号生成装置において、

前記第1周波数の駆動信号は、前記出力信号の隣接するスペクトル成分が1つの誘導ブリュアン散乱により相互作用するバンド幅以上に離間するような周波数を有し、

前記第1周波数の駆動信号は、出力信号用のスペクトル成分の主な組内の各成分がほぼ等しいパワーを有するような十分な振幅を有することを特徴とする多重電磁放射出力信号生成装置。

【請求項2】 前記(A)の駆動信号を生成する手段(121、221、321)は、第2周波数の駆動信号を生成し、

前記第2周波数の駆動信号は、前記第1周波数の駆動信号とは周波数が異なり、

前記第2駆動信号の周波数は、前記出力信号の隣接するスペクトル成分が1つの誘導ブリュアン散乱により相互作用するバンド幅以上に離間するような周波数を有し、

前記第2周波数の駆動信号は、出力信号用のスペクトル成分の主な組内の各成分がほぼ等しいパワーを有するような十分な振幅を有することを特徴とする請求項1の装置。

【請求項3】 前記第1周波数の駆動信号と第2周波数の駆動信号は、幾何級数的に関連し、前記幾何級数の乗算係数は3以上であることを特徴とする請求項2の装置。

【請求項4】 (C) 前記生成手段(A)と前記位相変調機(B)とに接続され、前記少なくとも第1周波数の駆動信号と第2周波数の駆動信号とを前記位相変調機

(B)に入力するために単一の信号に電気的に結合する信号結合機(225、325)を有することを特徴とする請求項2の装置。

【請求項5】 (D) 各周波数の駆動信号の個々の振幅を制御しながら調整する増幅機手段(122、222、322)をさらに有することを特徴とする請求項4の装置。

【請求項6】 対応する周波数においてピーク間の位相変調インデックスがほぼ 0.9π となるように各振幅を制御しながら調整することを特徴とする請求項5の装置。

【請求項7】 前記電磁放射は、光放射で、前記位相変調機は、電気光学効果を介して位相変調を行うことを特徴とする請求項6の装置。

【請求項8】 (A) 少なくとも第1の周波数の駆動信号を生成するステップと、

2

(B) 供給された電磁放射信号と、前記少なくとも第1周波数駆動信号にตอบสนองして多重波長電磁放射出力信号を生成し位相変調するステップと、からなる多重電磁放射出力信号生成方法において、

前記第1周波数の駆動信号は、前記出力信号の隣接するスペクトル成分が1つの誘導ブリュアン散乱により相互作用するバンド幅以上に離間するような周波数を有し、

前記第1周波数の駆動信号は、出力信号用のスペクトル成分の主な組内の各成分がほぼ等しいパワーを有するような十分な振幅を有することを特徴とする多重電磁放射出力信号生成方法。

【請求項9】 前記(A)の生成するステップは、第2周波数の駆動信号を生成し、

前記第2周波数の駆動信号は、前記第1周波数の駆動信号とは周波数が異なり、

前記第2駆動信号の周波数は、前記出力信号の隣接するスペクトル成分が1つの誘導ブリュアン散乱により相互作用するバンド幅以上に離間するような周波数を有し、

前記第2周波数の駆動信号は、出力信号用のスペクトル成分の主な組内の各成分がほぼ等しいパワーを有するような十分な振幅を有することを特徴とする請求項8の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光学装置に関し、特に、伝送用光ファイバ内の誘導ブリュアン散乱を抑制する光ソースに関する。

【0002】

【従来の技術】光伝送システム、特に再生機を用いない光ファイバの長距離伝送システムにおいては、できるだけ高い光学パワーを伝送用ファイバに注入することが重要である。ところが特定の波長で使用できる光パワーの量は伝送媒体に関連する非線形現象により制限される。このような非線形現象には誘導ブリュアン散乱(stimulated Brillouin scattering (SBS))と誘導ラマン散乱と自己位相変調と、四光子ミキシングとクロス位相変調が含まれる。これらの非線形現象は、光学信号の品質を劣化させ、伝送システムで伝送させるデータのビットエラー率を増加させる。

【0003】このSBSは、シリカ系光ファイバと狭いライン幅(通常1MHz以下)の光ソースで、 $0.1\mu\text{m}$ から $1.6\mu\text{m}$ の範囲で動作するような伝送システムにおいては、特に注意を払わなければならない非線形現象である。その理由は、この対応する波長内のブリュアンライン幅は、15MHzと40MHzの間にあるからである。このSBSは、シングルモード光ファイバで用いられる1mW程度の低いパワーレベルに対しては特に問題である。SBSの為に効率は、光ソースのライン

幅が増加するにつれて減少する。したがって光変調を介して光ソースのスペクトルを人為的に拡張することは、例えばSBSのしきい値を増加させる手段として役立つ。このSBSパワーのしきい値は、入力光ポンプ信号のパワーが背景ストークス信号のパワーに等しくなる点における入力光ポンプ信号パワーレベルとして定義する。

【0004】直接周波数変調(FM)と外部位相変調(PM)の両方は、光伝送システムにおけるSBS抑制の有効な手段である。この両方の変調技術は、所定量のスペクトル拡張を伝送信号に導入してしまう。

【0005】この直接FMアプローチは、レーザバイアス信号上にディザ信号を加えて大きな周波数変動(通常10GHzオーダ)を引き起こす。このような技術を用いることにより、SBSしきい値は15dB程増加する。しかし、注入レーザの直接FMは、残留振幅変調(AM)と称すると実質的な振幅変調を引き起こし、その結果システムの性能が劣化する。

【0006】一方、位相変調は、SBSを抑制し、残留振幅変調の生成を回避することができる。単一周波数のシノソイド信号で駆動される外部光学位相変調機を用いることによりSBSしきい値における5dBの増加が可能となる。高変調インデックスの位相変調(PM)を用いて、SBSしきい値を増加させることが実際的ではない理由は、必要とされる変調機RF駆動パワーは、受け入れ難いほど高いレベルにまで急激に増加するからである。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】したがって本発明の目的は、位相変調(PM)を用いてスペクトルを拡張する技術を提供する。

【0008】

【課題を解決するための手段】前記課題である位相変調(PM)を用いて幅広い範囲に亘ってスペクトルを拡張することは、大きな位相変調インデックスを必要とせず、且つ大量の変調機RF駆動パワーを消費することなく本発明の光学装置により達成することができる。この本発明の光学装置では、レーザ出力信号は1つあるいは複数の変調信号により外部から変調された位相である。そしてレーザ出力信号の各振幅は所定の周波数範囲に亘ってほぼ等しいスペクトル成分を有するような出力スペクトルを生成するよう選択される。この所定の周波数範囲は、レーザのソース周波数を中心とした「くし歯状」の周波数に類似している。各周波数の駆動信号は、他の駆動信号から離れた周波数を有するよう選択され、変調信号の出力スペクトル内の隣接するスペクトル成分は、特定の伝送波長におけるSBS相互作用バンド幅を越えるような周波数間隔(spacing)を有するように生成される。

【0009】本発明の光学装置は、実質的に等しいパワ

ーと好ましい周波数間隔を有するようなくし歯状の周波数成分を生成するために、この本発明の光学ソースは多重波長通信システムに適応できる。

【0010】

【発明の実施の形態】光学位相変調は、レーザ出力信号に対して行われ、この出力信号のスペクトル拡張を行い、これにより伝送光ファイバ中のSBSを抑制し、且つSBSのしきい値を大きく上げて、そしてこれら全て高RFパワーあるいは大きな位相変調インデックスを用いずに行うことができる。制御された振幅と適宜に離間した周波数を有する複数の周波数の駆動信号が、光学位相変調機に与えられ、その結果、この位相変調がほぼ同程度のパワーレベルとSBS相互作用のバンド幅以上の成分間の周波数の間隔を有するような1組の出力信号スペクトル成分を生成する。予備的な実験によれば、1.5μmのシングルモード光ファイバにおいて250mW以下の全周波数の駆動信号パワーを用いると17dBのSBSのしきい値の増加(理論的には20dB)が得られた。

【0011】本発明の変調装置と方法の一実施例では、離間した複数の周波数と直列に接続された複数の光学位相変調機の組を駆動するある選択された駆動振幅とを有する複数のシノソイド電圧波形の組を用いる。この複数の駆動信号の発振周波数は、互いに明確に区別でき、駆動信号の相対的な位相については特に必要な要件は存在しない。個々の電気連続波(cw)信号のピーク間電圧は、駆動周波数の数あるいは使用される位相変調機の数に関係なく、約0.9πラジアンのピーク間位相変調を与えるよう選択される。以下の説明は、本発明の動作原理と電圧振幅の特定の選択および駆動周波数の組の選択について述べるものとする。

【0012】以下の説明においては、N個の個別の駆動周波数が用いられるものとする。ここでNは、1以上の整数で奇数あるいは偶数のいずれでもよい。N個のRF周波数を用いて所望の位相変調を生成する多くの可能な方法の1つを図1-3に表す。図1においては、例えば各N個のトーン(周波数)が特定のトーンに関連する個別の位相変調機に与えられる。図2においては、N/2個の位相変調機が単一のチップ上に集積され、各変調機は関連する一対の個別の周波数の駆動信号でもって駆動される。図3においては、全てのトーンは、電氣的に組み合わせられて合成信号となり、この合成信号が1個の位相変調機にその後入力される。これらの実施例の全ては、動作の線形性がある限り等価である。各構成は、他のものと同一の機能を行うことができる。多くの使用環境において最も実的なものは、その経済的な理由から図3に示した構成である。図1の構成は、最も多くの構成要素を使用するが本発明の動作を理解するためには、単純な構成をしている。

【0013】図1はSBSを抑制する多重波長ソースを

示す。図1の構成は、直列に接続されたN個の変調機12に光学的に結合される光学ソース11を有している。各変調機12は、位相変調機に加えられる駆動信号の振幅を制御する可調増幅機のゲインとトーンの周波数を除いて、互いに同一である。

【0014】変調機12-1は、トーン生成機121と可調整増幅機122と光学位相変調機123とを有する。これらの構成要素は、変調機12-1内で電氣的に接続されている。トーン生成機121は、所定の周波数で特定の振幅を有する信号を発信する。変調機12-1においては、このトーン生成機121は、周波数 f_1 で動作する。可調整増幅機122は、トーン生成機121からの信号の振幅を増幅あるいは減衰するよう制御され、その結果この信号は、位相変調機の駆動信号用に所望の振幅を有することになる。増幅機からの出力信号は、周波数駆動信号である。

【0015】シノソイド変調信号あるいは周波数駆動信号の内のいずれか1つが加えられ、残りのものが非活性化状態となると、上述した約0.9 π ラジアン（ピーク間）の特定の位相変調インデクスは、関連の変調機から出力信号13を生成し、そしてこの出力信号13は、第1の上側光学サブバンドと第1の下側光学サブバンドとを有する光学スペクトルを有し、且つ各サブバンドは光学キャリア内の残りのパワーに等しい光学パワーを有する。このスペクトルを図4に示し、同図においては、光学キャリア周波数は ν_0 で、1次サイドバンドは ± 1 で示し、2次のサイドバンドは ± 2 で示し、3次のサイドバンドは ± 3 で示す。

【0016】駆動信号の振幅が上述のごとく制御されると、2次以上のサイドバンドには極めて小さなパワーしかなく、その結果高次のサイドバンドは無視することができる。2次のサイドバンドが完全に無視されると、この変調技術と振幅により生成される光学スペクトルは、図5に示すように3個の光学周波数の間に等しく分散する全光学パワーを有する。個別のスペクトル成分の間の周波数間隔は、電気駆動周波数により決定される。上記の例においては、このスペクトルの3個の光学周波数成分は ν_0 と $\nu_0 \pm f_1$ である。電気駆動周波数をSBSのゲインバンド幅（一般的な光ファイバにおいては20MHz）よりも数倍大きくなるよう選択することにより、位相変調された出力信号中の個々の光学周波数成分のパワーを減少することができ、それによりSBSのしきい値を増加させることができる。SBSを反映した光学パワーが、SBSが生成されるしきい値近傍の放出光学パワーの自乗で大きくなると仮定すると、完全に分離した光学周波数で3個のスペクトル成分の間で光学パワーが等しく分離することは、しきい値の増加が $1/(3 \times 1/3^2) = 3$ だけ増加し、即ち約5dBとなる。

【0017】次に、図1において、第2の位相変調機へ入力される第2駆動周波数を活性化する影響について考

える。一般性を失うことなく、第1周波数 f_1 は、その組の最大のもので、第2周波数 f_2 は2番目に最大のもので、この第2周波数 f_2 は第1周波数の $1/3$ の値

（即ち $f_2 = f_1/3$ ）であると仮定する。この実施例においては、変調機12-1の出力は変調機12-2の光学ソースとなる。このようにして得られた光学スペクトルは出力信号14となり、この出力信号14は、9つの異なるスペクトル成分を有する。これらのスペクトル成分は、光学周波数が ν_0 、 $\nu_0 \pm f_1$ 、 $\nu_0 \pm f_2$ 、 $\nu_0 \pm f_1 \pm f_2$ で現れることになる。この出力スペクトルは、第1変調機の出力中の3個の光学周波数の各々が位相変調され、その上側サイドバンドと下側サイドバンドをそれぞれ生成して発生するものである。全ての光学トーンのパワー分布は、異なる駆動信号の周波数と振幅を選択するために等しいことが分かる。かくして第2の位相変調機の出力は9個の等間隔に分離した周波数を有し、それらは元の光学キャリア（即ち第1位相変調機への入力）に中心を置き、光学パワーの均一な分布となる。第2の位相変調機を用いることにより得られる出力スペクトル内の各個別の周波数における光学パワーの付加的な現象は、理論的にはSBSのしきい値の（PMが存在しない場合に比較して）SBSしきい値の $1/(9 \times 1/9^2) = 9$ 倍の増加、即ち約10dBとなる。

【0018】ここで追加の周波数を含めて考える。そして各駆動信号は、周波数駆動信号の前の組内の最低の周波数駆動信号の周波数の $1/3$ で発生するものとする。全部でN個の周波数駆動信号がある場合には、光学パワーは 3^N 個の光学周波数の間で等しく分布することになる。この場合に光学信号は、最小の駆動周波数の 3^N 倍の光学バンド幅に亘って分布する、そしてSBSしきい値は、同じ倍数即ち 3^N だけ増加する。前述したように最低の駆動周波数は、しきい値の増加を最大にする為にSBSのバンド幅の2-3倍大きくするように選択しなければならない。

【0019】以上の説明においては、本発明の理解を容易にするために個々の位相変調機を各駆動周波数に対し割り当てることを考えると有効である。光学位相シフトを生成するメカニズムが、印加電圧の線形の関数であるとする、電気領域における周期的に変化（例、シノソイド状に）する駆動信号波形の一部あるいは全てを組み合わせ、それらを1個の位相変調機に入力することによりほぼ同一の結果が得られる。

【0020】線形電子光学効果、即ちポケッスル効果は、リチウムナイオバイトとIII-V属化合物半導体で現れ、このポケッスル効果は、このような動作即ち印加電気信号のほぼ線形関数として光学位相シフトを生成する。かくしてSBSのしきい値の増加が得られ、そしてこれは比較的低いRF駆動パワーと少数の周波数駆動信号（即ち、周波数即ちトーン）と1個の電気光学位相変調機を用いるために単純で低コストのハードウェアが

得られる。なお所望の結果あるいは効率を得るためには3個あるいは4個の駆動周波数が適切である。

【0021】位相変調機においては、出力位相と印加電気信号（電圧）との間に直線的な関係があることが望ましいが他の関係でも適切な結果は得られる。例えば位相と電圧の関係が直交関係、例えばカー効果のような場合にも同様な有効な結果が予測できる。

【0022】より効率的な（素子の数からみて）位相変調機とソースを図2と3に示す。図2においては、位相変調機22-1は、それぞれ周波数 f_1 、 f_2 で動作する1対のトーン生成機121、221を有し、これらの出力はそれぞれ可調整増幅機122、222に入力され、これらの出力を結合機225で組み合わせて、この結合機225の出力を光学位相変調機123に入力する。この実施例では、多重波長ソースに必要とされる位相変調機の数、約1/2に減る。この結合機225は、接続された増幅機からの2個の周波数駆動信号を結合する。

【0023】図3においては、N個のトーン生成機121、221、321がその関連する可調整増幅機122、222、322に接続される。この増幅機の出力は結合機325に接続され、この結合機325は供給される周波数駆動信号を結合して光学位相変調機123に入力する。この図3の実施例は、構成要素の数がかなり減少し、そのため単一の集積回路チップ上に一体に形成できる。

【0024】前述した実施例においては、光学ソース11はレーザであるとして説明したが、この光ソースとしては発光ダイオードあるいは他の発光素子でもよい。電気信号を生成、操作、結合、増幅する方法と装置は公知であるので詳細はここでは触れない。二重駆動信号を用いるマッハツェンダ緩衝系導波路変調機のような位相変調機は、光学変調を行うものとして当業者には公知である。

【0025】以上の説明においては、各駆動周波数に対し全ての光学周波数内の光学パワーは、第1上側サブサイドバンドと第1下側サブサイドバンドとキャリアを除いて無視してきた。ところが実際には単一の駆動周波数に対する光学スペクトルは、高次のサイドバンドでも幾分かのパワーを有し、これが周波数成分の中心範囲内において光学スペクトル内のパワー分布の平坦さに影響を及ぼす。例えば、駆動周波数間の乗算係数が3の時には、より高い駆動周波数のサイドバンドに対し低い駆動周波数により生成される2次のサイドバンドは、光学キャリア近傍で生成される1次サイドバンドの上に重なる。同一の光学周波数で発生する光学振幅のこの固有の重ね合わせは、その光学周波数におけるパワーを加算したり、あるいは減算したりし、その結果光学スペクトルの平坦さと均一性を損なう。SBSしきい値の影響は余り有害なものではないが、しかしこの影響は3個以上の異なる周波数乗算機を選択することにより回避でき

る。高次のサイドバンドのうち2次のサイドバンドのみが1次近似を考慮する際に充分意味を持つ。したがって3以上の周波数乗算係数は、十分に等価した光学パワー分布を保持するのに充分である。

【0026】周波数乗算機を選択し、次に考慮すべき点は、高次のサイドバンドが他のサイドバンドのSBSバンド幅内に入るか否かである。このことはSBSの相互作用は、SBSバンド幅以下だけ分離されたトーンを区別することができないからである。高次のトーンの光学周波数の所望のオフセットは、3以上の周波数乗算係数を選択することにより得られる。当然のことながら適当に選んだ大きな乗算機は、有効な光学バンド幅を非常に非効率的に使用することになり、応用分野によっては分散あるいはクロストークを引き起こす。この為に3.1から3.5の範囲の乗算係数が好ましい。3.5の周波数乗算係数に対する光学パワーの分布を図6に示す。これらは極めて優れた実験結果が得られている。周波数階層化（frequency hierarchy）を特定するために、一定の周波数マルチプライアを用いることは、概念としては良好な案であるが、3近傍の乗算係数に基づいた周波数分離を選択する別のスキームが必要であり、そして各乗算は互いに若干異なる。

【0027】広範囲で高密度の多重周波数スペクトルを生成する上記の方法は、光伝送以外にマイクロ波のような電磁放射の他のソースにも等しく適応できるものである。

【0028】実験結果の一例としては、プロトタイプ of 多重周波数ソースを開発し、実験室でテストを行い上記したような十分に拡散した光学パワーが得られることを確認した。また、実験ではSBSのしきい値の増加は、4個の駆動周波数（70、245、858、3001 MHz）と250 mW以下の全RFパワーを用いることにより+6 dBmのCWしきい値以上の17 dBを越えることが分かった。このことは-20 dB以下の全反射パワーを有する+25 dBmの光学パワーを発することができるとを意味し、これはFMを用いた場合よりも2 dB以上のパワーを放出できることを意味する。これは我々の知り得る限り、今日までに光ファイバにおけるSBSのしきい値の最大の増加である。この実験においては、出力信号の光学スペクトルは、8.4 GHzの光学スペクトルウィンドウに亘って分布する81（3⁴）個の光学周波数成分を含むことが分かった。2.5 Gbpsのアイパターンの予備的な評価では、疑似あるいは残留振幅変調は見いだせなかった。

【0029】上記においては説明はしていないが、位相変調機内は光ファイバ、誘電体性導波路あるいは半導体導波路さらには自由空間によりソースと結合できることは明かである。

【図面の簡単な説明】

【図1】誘導ブリュアン散乱を抑制する本発明の多重

波長ソースの第 1 の実施例を表す図

【図 2】誘導ブリリュアン散乱を抑制する本発明の多重波長ソースの第 2 の実施例を表す図

【図 3】誘導ブリリュアン散乱を抑制する本発明の多重波長ソースの第 3 の実施例を表す図

【図 4】 1 個または複数個の周波数の駆動信号を用いて本発明の多重波長ソースの出力スペクトルを表す図

【図 5】 1 個または複数個の周波数の駆動信号を用いて本発明の多重波長ソースの出力スペクトルを表す図

【図 6】 1 個または複数個の周波数の駆動信号を用いて

本発明の多重波長ソースの出力スペクトルを表す図

【符号の説明】

1 1 光学ソース

1 2 変調機

1 3, 1 4 出力信号

2 2 位相変調機

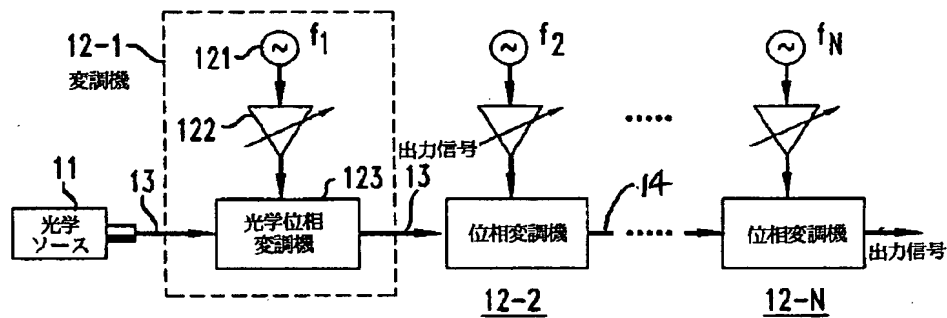
2 5, 2 2 5, 3 2 5 結合機

1 2 1, 2 2 1, 3 2 1 トーン生成機

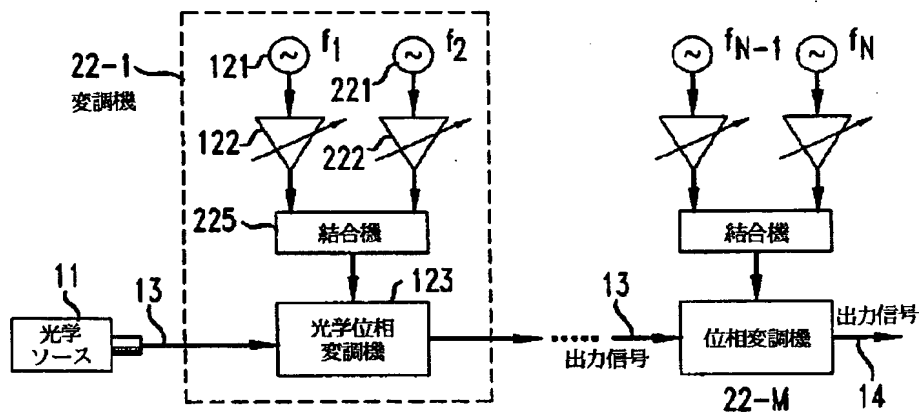
1 2 2, 2 2 2, 3 2 2 可調整増幅機

1 0 1 2 3 光学位相変調機

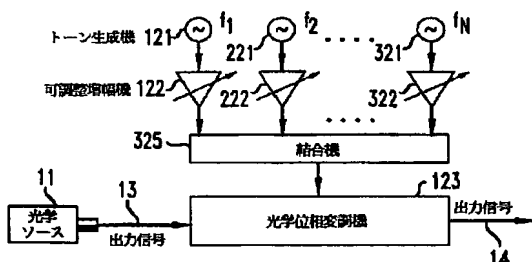
【図 1】



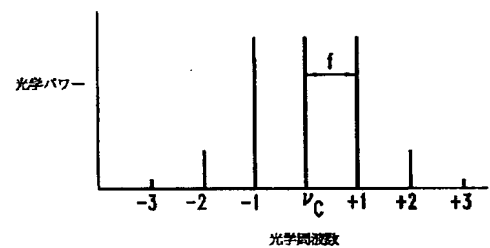
【図 2】



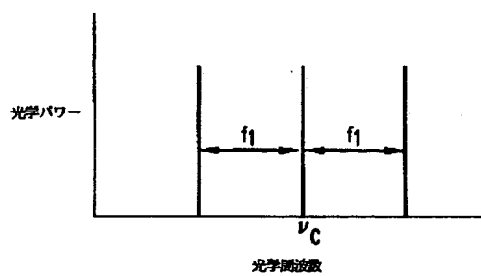
【図 3】



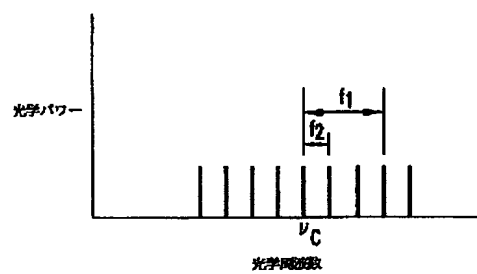
【図 4】



【図5】



【図6】



THIS PAGE BLANK (USPTO)